

原子力施設等における事故トラブル事
象への対応に関する公開会合
第19回議事録

令和5年3月7日（火）

原子力規制庁

原子力施設等における事故トラブル事象への対応に関する公開会合
第19回
議事録

1. 日 時：令和5年3月7日（火）13:30～15:30

2. 場 所：原子力規制委員会 13階会議室A

3. 出席者

(1) 原子力規制委員会

杉本 孝信	実用炉監視部門	安全規制管理官（実用炉監視担当）
村田 真一	実用炉監視部門	統括監視指導官
小野 達也	実用炉監視部門	上級原子炉解析専門官
菊川 明広	実用炉監視部門	管理官補佐
小林 慎治	実用炉監視部門	主任監視指導官
林 奏太	実用炉監視部門	原子力規制専門員
嶋崎 昭夫	高浜原子力規制事務所	統括原子力運転検査官

(2) 事業者

関西電力株式会社

鶴 一隆	原子力事業本部	原子力発電部門	原子力発電部長
棚橋 晶	原子力事業本部	原子力発電部門	原子力保全担当部長
横田 昌樹	高浜発電所	運営統括長	
小森 武廉	原子力事業本部	原子力発電部門	保全計画グループ マネジャー
吉沢 浩一	原子力事業本部	原子力発電部門	保全計画グループ マネジャー
久我 徹	原子力事業本部	原子力発電部門	保修管理グループ マネジャー
日数谷 命	高浜発電所	電気保修課	作業長
木村 泰之	高浜発電所	電気保修課	電気係長
宇野 誠高	高浜発電所	原子燃料課長	
岡本 庄司	原子力事業本部	原子力発電部門	保修管理グループ チーフマネジャー
岩崎 正伸	原子力事業本部	原子力発電部門	保全計画グループ マネジャー

畑澤 重則 高浜発電所 計装保修課長
志和屋 裕士 高浜発電所 原子炉保修課長
大河 修 高浜発電所 第二発電室長

4. 議 事

- (1) 関西電力株式会社高浜発電所4号機における原子炉自動停止事象について
- (2) その他

5. 配付資料

- 資料1-1 高浜発電所4号機 原子炉自動停止について(概要版)
- 資料1-2 発電用原子炉施設故障等報告書

6. 議事録

○杉本安全規制管理官 それでは、定刻になりましたので、第19回原子力施設等における事故トラブル事象への対応に関する公開会合を開催します。

司会進行を務めさせていただきます、実用炉監視部門の安全規制管理官の杉本でございます。

本日の配付資料は、議事次第にも記載のとおりであります。御確認いただきまして、過不足がありましたら、事務局に御連絡ください。

本日の議題は、関西電力株式会社高浜発電所4号機における原子炉自動停止事象についてでございます。定格熱出力一定運転中の関西電力高浜発電所4号機において、本年の1月30日15時21分、B中央制御室に「PR中性子束急減トリップ」警報が発信して、原子炉が自動停止したことから、同日に、関西電力から法令に基づき原子力規制委員会に報告があった事案でございます。

この事案については、関西電力の調査状況について、何回か面談等で進捗を聴取してきたところではございますけれども、本日午前中に、関西電力から本事象の原因及び対策に係る報告書が提出されましたので、今回は、その推定原因の詳細、そして対策について報告いただきたいと思います。

それでは、関西電力から御説明をお願いします。

○鶴発電部長 関西電力、原子力発電部長の鶴でございます。

まず、この度、高浜発電所4号機の原子炉自動停止につきまして、立地地域を初め、社会の皆様大変な御心配をおかけしておりますこと、お詫び申し上げます。

高浜発電所4号機は、本年1月30日、定格熱出力一定運転中のところ、15時21分に原子炉が自動停止いたしました。この事象発生以降、原因調査を行ってまいりました。本日、その調査結果並びにその結果を踏まえた推定原因と対策について取りまとめましたので、御説明をさせていただくものでございます。

それでは、高浜発電所の運営統括長の横田より、資料に基づき御説明させていただきます。よろしく申し上げます。

○横田運営統括長 関西電力高浜発電所の横田と申します。よろしく申し上げます。

資料をもって、高浜発電所4号機原子炉自動停止についてということで、御説明をしたいと思います。

右肩2ページですが、こちら、本日の御説明内容は、こちらに示すとおりでございます。

右肩3ページに行ってくださいまして、繰り返しになりますが、改めて事象の概要から御説明をしたいと思います。高浜4号機は定格熱出力一定運転中のところ、2023年1月30日15時21分に、原子炉容器の周りに四つ設置されております中性子検出器のうち、二つに異常が検出された場合に発信するPR中性子束急減トリップ警報、これがB中央制御室で発信し、原子炉が自動停止するという事象が発生いたしました。

事象発生の経緯につきましては、次ページ以降で詳細を詳しく説明したいと思います。

4ページをお願いいたします。まず、事象の説明に入らせていただく前に、簡単にCRDMというものの概要について説明をさせていただきたいと思っております。資料に示しています図は、CRDMのシステムの全体を概略的に示したものでありますけれども、制御棒、右端の部分ですね、制御棒はMGコイルとSGコイルの二つのコイルに電流を流して、その二つのラッチ機構によって保持されていると。その電流は、左側のMGセット、もしくは原子炉コントロールセンターから供給され、それを真ん中ほどのパワーキャビネットで電流制御されて、コイルに電流が供給されていくと。そういうものでございます。それでは、事象の概要を御説明したいと思います。原子炉が自動停止した1月30日、それよりも前の1月25日、1月29日、そして当日の1月30日の0時12分に、「CRDM重故障」という警報が発信いたしました。この警報は、制御棒を電磁力で保持している2か所のラッチのうち、1か所以上で電流の異常を検知した場合に発信するものでございます。1月25日と29日に警報が発信したときには、いずれも電流値に異常はなく、警報はリセットすることができました。一方で、1月30日の0時12分に警報が発信したときには、こちらの図に示していますとおり、D6・F12・M10・K4という四つの制御棒を制御する、2BDパワーキャビネットの黄色のハッチングで書いていますMGA電流制御ユニットの電流値が、通常値よりも低いということが確認されました。そういうことで、詳細な点検を実施することにいたしました。

次のスライド5をお願いいたします。まず、詳細な点検を実施していくに当たり、9時5分に警報をリセットしました。その後、MG側の点検をしている際に、万が一、制御棒が落下しないようにということで、SG側のラッチを確実にするために、強制ホールド状態ということにしました。それによって、15時頃にCRDM重故障警報というのが再度発信しました。ただ、これは操作に伴う警報の発信であったということでございます。

右肩6ページをお願いいたします。その後、先ほど申し上げたとおり、MGコイルの電流値が低かったということで、このMGコイルの抵抗値を測定する必要があると判断しました。そのため、15時18分～21分の間で、2BDのMGA電源制御ユニットの電源を切にしました。そうしたところ、15時21分に原子炉が自動停止するというような事象が発生いたしました。

ここまでの説明が事象の概要になりまして、次から原因の調査の内容と結果について御説明したいと思います。

右肩7ページです。こちらが原因調査を行うためのFT図になります。これに示しますとおり、制御棒の保持に関連する設備の健全性確認、関連作業や運転操作の調査、あとプラント状態の確認、あと誤信号の発信有無、そういったものを網羅的に調査を実施いたしました。

その内容について、次ページ以降で御説明いたします。

右肩8ページです。まず、こちらが原子炉自動停止時におけるプラント状態の調査結果でございます。原子炉が自動停止したときのプラントパラメータを確認しましたが、こちらにチャートをつけていますとおり、異常は認められませんでした。また、原子炉自動停止した際の関連作業であったりとか、運転操作というものも行っていないことを確認いた

しました。

右肩9ページをお願いします。こちらがプラント停止に至る誤信号の発信有無に関する調査です。原子炉の自動停止したときに発信したPR中性子束急減トリップ警報というのは、四つのNIS検出器のうち、二つに異常が検出された場合に発信するものであります。そのため、NISの検出器と制御盤に何か異常がないかということを確認を行いましたが、異常は認められませんでした。すなわち、NISの検出器の故障によって警報が発信されたものではないということが確認できました。

右肩10ページをお願いいたします。次に、原子炉が自動停止した際に、どの制御棒が落下したのかということ特定するために、NISの挙動解析を実施いたしました。解析の内容は、電流値の低下が確認された2BDのMGAが制御する、先ほど初めのほうに御説明したD6・F12・M10・K4、この4本の制御棒が単独もしくは複数落下した場合の挙動を解析で求めて、それと実機のNISの出力トレンドを比較して評価を行うことにしました。解析の流れは、まず制御棒を炉心に20ステップずつ挿入させる解析を行って、挙動を確認した後に、時刻歴解析で詳細に解析する。そういった手順で行いました。こちらに、右で示していませんグラフが実機のNIS出力トレンドになりまして、左に示してありますが、M10、右上のほうに絵を描いていますが、右下にある制御棒になります。M10の制御棒が1本落下した場合の解析結果を示しているものでございます。この二つを見比べると、解析結果と実機のNISの出力トレンドが同じような挙動を示しているということが分かりました。

11ページをお願いいたします。次に、M10とK4の2本が同時に落下した場合と、この4本、M10・K4・D6・F12の4本が同時に落下した場合の解析を行いましたが、左側が2本の場合、右側が4本の場合ですが、前のページに示します実機のトレンドとは、挙動が異なるということが分かりました。

そこで、12ページに行ってくださいまして、これまでの結果から、M10の挙動が実機と近いということから、実機のNIS出力トレンドと同様の挙動を示したM10の制御棒1本が落下した場合の時刻歴解析というのを行いました。実線で示してありますが実機データ、点線で示してありますが解析結果になりますが、両者はよく一致していることが分かると思います。以上の結果から、M10制御棒1本が落下したことによって、原子炉の自動停止に至ったものと推定しました。

続きまして、右肩13ページ、こちらが再現性確認試験の結果について示したものでございます。この試験は、原子炉自動停止に至るまでに行った、MGコイルの電源を切るという操作などをもう一度行って、同じ事象が再発するかどうかを確認したものでございます。この試験の結果、同様の操作を行いましたが、制御棒が落下するということは確認されませんでした。

右肩14ページです。次に、今回の事象が制御棒の駆動機構の機械的な要因によって、制御棒の落下が発生したものであるかということを確認した結果でございます。まず、今回の事象を踏まえて、実機の動作試験というものを行いました。これはCRDMのコイル電流と

加速度信号を計測しながら、実際に制御棒を0ステップ～228ステップまで動作させるものですが、動作させた結果、電流値も加速度信号も正常であることが確認できました。また、前のページで御説明したとおり、再現試験においても、SGラッチのみのシングルホールド状態で制御棒が保持できるということを確認しました。このほかにも、至近の定期検査で実施したステップング試験であったり、制御棒落下試験、また、月に1回行っている制御棒の動作試験の結果を確認しましたが、いずれも異常がないことを確認いたしました。

右肩15ページ、さらに機械的要因の調査として、制御棒駆動装置の製作時の記録であったり、経年劣化評価結果を確認しましたが、問題のないことを確認しました。

以上の結果から、今回の事象が制御棒駆動機構の機械的な要因により発生したものではないということ判断することができました。

16ページ、これまでプラントパラメータとか機械的要因の調査とか、そういうことを行ってきた、問題がなかったということで、電氣的な要因にフォーカスを当てて調査を進めることにいたしました。こちらに示しています、下側に示しています図が、CRDMシステムを示していますけれども、この図中に①～⑩で記載した設備で主にCRDMシステムは構成されております。表の中に示していますとおり、①～⑩、それぞれの設備を単体で点検実施しましたが、いずれも異常は確認されませんでした。そこで、こちらに①～⑩で示している設備の中で、④のパワーキャビネット内の電流制御ユニットというものは、容易に予備品との交換が可能であることから、電流制御ユニットは工場に持ち帰って詳細な調査を実施するとともに、現地では、その予備品の電流制御ユニットを装着して、その他設備の点検を継続することにいたしました。

右肩17ページです。このスライドは、電流制御ユニットの工場調査について示したものです。メーカ工場に持ち帰ったのは、写真の中の赤の点線で示している部分ですが、電流値の低下が確認された2BDのMGA電流制御ユニットと、それと同じグループのSGA電流制御ユニットです。これに加えて、パワーキャビネット内に敷設されているユニットから端子台までのケーブルも、工場に持ち帰って調査をしました。この表の中で工場調査結果を示しておりますが、電流制御ユニットとコイル出力ケーブルともに異常は認められませんでした。

次のページへ行きまして、次に、こちらが工場調査と並行して実施していた現場側での調査結果について示したものでございます。現地では、MGAとSGAの電流制御ユニットを予備品に取り替えた後、全体に、コイルに電流を流して、電流が低下するかどうかというのを連続監視しておりました。そして、2月12日の8時51分にCRDM重故障の警報が再度発信し、直ちに連続計測していた電流値を確認したところ、2BDパワーキャビネットの下流側において、D6制御棒のMGコイル電流が低下している。数秒間0A近くになっているということを確認しました。

次のページに、その電流値のチャートをお示ししております。このチャートは、縦軸が電流値を示していて、横軸が時間を示しているというものとして御覧ください。赤線で

横で引いていますのが、CRDMの重故障警報が発信する2Aレベルというものを示しています。これを見ると、重故障レベルを一旦下回った後、一旦は電流値が回復するものの再度低下して、その後、約2.5秒間0A相当になっていることが分かりました。その後、また電流値が元のレベルにまで戻っているということが、このチャートから言えると思います。

次の右肩20ページをお願いします。この事象を受けまして、CRDM重故障警報が発信したときに、システム全体の中で、どの範囲に電流低下が認められているのかというのを詳細に確認いたしました。電流の連続監視している間は、図の中で青丸で示しています位置で電流の計測を行っていましたが、電流低下が認められたのは、右上の青丸で示したMGAユニット下流側のD6制御棒のMGコイルだけでした。上流側にあるMG用の電源変圧器とか、電流制御ユニット、電源ユニットの入出力波形には、変動はありませんでした。この結果から言えることは、MGA以外のMGBであったりMGCとの共通部分でもある上流側には、電流の変動は認められなかったということで、MGAで制御する4本の制御棒、D6・M10・K4・F12という4本の制御棒を対象に、さらに詳細な調査を行う必要があるということが言えるということが分かります。

右肩21ページ、今申し上げた4本の制御棒を対象とした詳細な点検として、2BDのパワーキャビネットの盤の外からコイルに至るまでを、図中の①～⑨の各接続部で切り離して、それぞれの部分で絶縁抵抗測定と目視点検を実施しました。ただ、その結果、この表にまとめていますが、異常は認められませんでしたというものでございます。

右肩22ページです。次に、D6・M10・K4・F12の4本の制御棒のSG用ケーブル、MG用ケーブルを2BDパワーキャビネット盤から切り離して、ここの吹き出しで、漫画で描いていますとおり、調査のために低電圧発生器を各ケーブルに接続して、電流変化があるかどうかを連続監視しました。その結果、資料中に詳細な日時を記載しておりますけれども、2月16日、19日、20日、21日に、M10制御棒のMGコイルとSGコイル、D6制御棒のMGコイル、K4制御棒のSGコイルで電流値の低下が確認されました。さらに言うと、D6のMGコイルについては、CRDMの重故障が発生する2Aを下回る電流低下でありました。

次のページに、2月20日に確認された電流値のチャートを、代表として3例ほどお示しします。右肩23ページですが、これはM10のSGコイルの電流値チャートになります。縦軸が電流値、横軸が時刻を示しております。これを見ると、約1秒間ほど4.4Aから3.76Aまで電流値低下が確認されました。ただ、この低下量は、重故障警報の発信であったり、制御棒の保持機能に影響を及ぼすレベルのものではございません。

右肩24ページ、こちらのチャートがD6のMGコイルの電流値チャートになります。これは4Aから0.64Aまでの電流値の低下が確認されました。このレベルの電流低下は、重故障警報の発信に相当するものでございます。

右肩25ページ、最後にK4のSGコイルの電流値チャートになります。ここでは4Aから3.44Aまでの電流値低下が認められました。この低下量は、一つ目と同様、重故障警報の発信であったり、制御棒の保持機能に影響を及ぼすレベルのものではございません。

右肩26ページに行ってくださいまして、ただいま御説明した電流値の低下というものが、パワーキャビネットを出てからコイルに至るまでのどこで発生しているのかというのを絞り込むための調査を実施しました。具体的には、図の上に示していますとおり、電流値低下が確認された4本のケーブルを対象として、パワーキャビネット下流からコイルまでの区間を図に示すような（イ）～（ニ）、（イ）、（ロ）、（ハ）、（ニ）の四つの範囲に分割して、それぞれの範囲で、切り離れた状態で先ほどと同様、低電圧発生器をつないで電流を連続監視しました。その結果、次のページに電流値のチャートを示しますが、この図の中の（ロ）の格納容器貫通部両側の端子箱から端子箱の範囲で電流値の低下が確認されました。ちなみに、（ロ）以外の（イ）、（ハ）、（ニ）の範囲では、電流値の低下は確認されておりません。

右肩27ページ、こちらが実際のチャートになるんですけれども、これを見ると分かるとおり、D6の制御棒のMGコイルの電流値が0近くまで低下しているということが分かるというふうに思います。

右肩28ページです。先ほどのチャートで、電流値低下が確認されているK4のSGコイル、D6のMGコイル、M10のSGコイル、この三つを対象に、格納容器貫通部の端子箱の間で導体抵抗測定を実施しました。その結果、表の中、赤字で示していますとおり、D6のMGコイルとM10のSGコイルで導体抵抗値が高くなっているということが確認されました。以上の結果から、電流値が低下している要因は、格納容器貫通部の外側の端子箱から内側の端子箱、この間の中にあるということを絞り込むことができました。

右肩29ページです。そこで、絞り込んだ端子箱間において、さらなる調査として、ケーブルの敷設状況などを詳細に目視点検をしました。ここの資料で描いています図は、格納容器内側の貫通部出口周辺から端子台までの様子を示したものになるんですけれども、この写真の黒のケーブルが貫通部の出口から端子台まで行くケーブルになりまして、色のついたケーブルが端子台からコイルまで行くケーブルになるんですけれども、貫通部を出た黒のケーブルの上に、色のついたコイル行きのケーブルの余長分が束なった状態で乗っていると、覆いかぶさって乗っているということが確認されました。さらに、電流値低下が確認されたK4のSGケーブル、あとD6のMGケーブル、M10のSGケーブルというのは、貫通部の配置をポンチ絵で描いていますけれども、ここで赤丸で囲っているのが、この三つのケーブルでございまして、これら3本は、上部に固まって配置されていて、その上を中心にケーブルが乗っていて、荷重がかかるような状況にありました。さらに、この乗っているケーブルを少し持ち上げたところ、M10のSGコイルとK4のSGコイルの電流値が変動するということが確認されました。

右肩30ページです。次に、このケーブル、ペネのケーブル1本ずつ抵抗値測定を実施するとともに、ケーブルを触手して、抵抗値が変動するか否かを確認しました。抵抗値測定の結果を表にまとめておりますが、連続監視で電流値の低下が確認された1番のK4制御棒SGコイル、7番のD6制御棒MGコイル、13番のM10制御棒SGコイル、15番のM10制御棒MGコイ

ルは、通常よりも高い抵抗値を示している、その中でも1番、7番、13番については、ケーブルを触手すると、抵抗値が変動するということが確認されました。以上の結果から、やはりこの周辺に電流の変動要因である導通不良が起こっているものであると推定いたしました。ちなみに、K4、D6、M10の3本の制御棒以外の残りの45本については、電流値を連続監視しておりましたが、電流値の変動は確認されておられません。

右肩31ページです。これまでの調査で導通不良が発生していると考えられる、格納容器貫通部周辺を構成する設備を左側の図で示しております。具体的には、①で示す貫通部内部にある接続金具、②で示すケーブル、③で示すケーブルの圧着端子、④で示す端子台という、この主に四つの設備で構成されていますけれども、③と④につきましても、これまで単体での調査で健全性が確認されています。②のケーブルについても、①の接続金具と比べると非常に高い強度を有しているということから、不具合が発生している可能性があるのは、貫通部中にある①の接続金具であると推定いたしました。この接続金具の金具部の拡大図を漫画で示していますが、接続金具の左側は、銅棒を接続金具に蝟付けでつけられていると。右側は、電線ケーブルの心線をはんだ付けでつけていると。蝟付けは、はんだよりも高い強度を持っているということから、不具合が発生しているのは、はんだ付けをしている部分であるというふうに推定いたしました。

右側32ページをお願いします。こちらのスライドは、接続金具のはんだ付け部に不具合が発生した場合に、これまでの調査で確認されてきた電流変動がどのように生じるのか、メカニズムをイメージ図として示したものでございます。①の正常な状態に引張力が作用して、一部不具合が発生した状態が②になります。②のように、はんだ付け部で不具合が生じて、一定面積の接触があれば、電流値は一定レベルで保持されるものと考えられます。緑で示しているケーブル自体は、ポッティング材というものに埋もれているので、そう大きく動くものではないんですけれども、③のように、②の状態からケーブルの心線が少し右方向に動くことで、はんだ付け部の接触面積が減少して、点接触状態になった場合には電流値が大きく低下する可能性がございます。その後、③の状態から少しさらに右側に動いて、はんだ付け部が一定面積の接触に戻ると電流値も復帰すると。そういった現象が起こっているのではないかと考えられます。

これまで説明した内容が、今回の原子炉の自動停止に係る調査結果と推定メカニズムになります。

右側33ページに行ってくださいまして、このページからは、今回の調査プロセスの中で発生した制御棒の部分挿入という事象について御説明をさせていただきたいと思っております。詳細は説明させていただきますが、結論だけ先に申し上げさせていただきます。部分挿入事象と今回の原子炉自動停止事象に関連性がないということは確認できました。それでは、説明をしたいと思っておりますが、部分挿入の事象については、調査の一環で2BDの電流制御ユニットに模擬コイルというものを接続していたんですけれども、この模擬コイルを取り外した後、電源の復旧作業というものをしていました。この復旧作業は、MGA、MGB、

SGA、SGBと、こういった順で電源を切から入にしていたんですけども、SGの電源を入にした時点で電源操作を行っていたSGAであったりSGBではなく、SGCと連動する停止バンクのG7とJ7の制御棒で最大42ステップ、部分挿入したというものでございます。この部分挿入は、2月5日に発生して、その後、原因調査を行った結果、次のページ以降、メカニズムを説明しますが、それで、そういったメカニズムであることが分かったため、2月7日に再度、同じ手順でやった結果、ある意味、想定どおり部分挿入事象が再発・再現したというものが確認されました。

右肩34ページになります。このスライドと次のスライドで、部分挿入の発生原因について御説明したいと思います。この図は、2BDキャビネット内の回路図としてSGA、B、C、左側です、右側にMGA、B、Cの六つの制御ユニットと、その上流側にあつて、A、B、C系で共通の電源系を示したものでございます。先ほど御説明したとおり、今回の電源操作の対象は、MGA、MGB、SGA、SGBであるため、C系で制御している制御棒については、図中に示しますとおり、MGコイルとSGコイルの両方で、ダブルホールド状態でありました。このスライドの中で御説明しておきたいのは、今、MGのほうを代表で説明しますが、MGA、MGBの電源を切から入にした場合、MGAとMGBの電源制御ユニット内部にあるコンデンサの中に一気に電流が流れ、そちら側に電流が取られることになることから、A、B、C系に共通である上流側の母線側の電流が瞬間的に低下するというものです。そして、その母線側の電流が瞬間的に低下することで、操作を行っていないC系、MGCへ流れる電流が瞬間的に喪失されることになる。そういった現象でございます。具体的には、その現象を踏まえて、こういったメカニズムで、こういった部分挿入が起こるのかを次のページで御説明したいと思います。

35ページです。今御説明したとおり、MGA、MGBの電源を切から入にした際、MGCのMGコイルの電流が瞬間的に喪失して、それに伴って、MGラッチが左側の図のとおり開放されることになりますと。その後、すぐに元の電流である4.4Aに復帰するのですが、SGコイルに電流が流れている状態では、一旦開放されたMGコイルが再度、制御棒を保持するために、ラッチを振り込むには4.4Aでは不十分であるため、MGコイルが開放された状態のままになります。その次に、SGA、SGBの電頭を入から切にした際、MG側と同様に、またSGC、C系のSGCのSGコイルの電流が瞬間的に喪失し、真ん中の図で示していますとおり、SGコイルも開放されることになります。この瞬間にMGコイルもSGコイルも開放された状態になることから、制御棒の落下が始まったものです。ただ、すぐにSGCのコイル電流は4.4Aに復帰し、SGコイルは4.4Aであれば制御棒を保持するためにラッチを振り込むことができるので、落下し始めた制御棒を再度つかみに行つて、結果として数ステップ～数十ステップ落下した時点で、制御棒をつかんで保持することができた。こういったメカニズムであると推定いたしました。結論としましては、再度になりますけれども、部分挿入事象は、電源を切から入にしたときに発生した事象であるのに対して、原子炉自動停止のときは、電源を入から切にしたときに発生した事象であることから、部分挿入事象と原子炉自動停止事象に関

連性はないということが言えるということでございます。

右側36ページ、このページから3枚のスライドで、原因調査のまとめを記載しております。簡単に御説明しますと、一つ目の矢羽根、「PR中性子束急減トリップ」警報が発信した際、プラントパラメータに急変はなく、運転操作も実施していませんでした。さらに、NIS検出器の点検の結果、異常がないことを確認しました。二つ目、NIS挙動解析の結果、M10制御棒1本が挿入されたものと特定しました。三つ目の矢羽根、実機作動試験や記録確認によって、M10制御棒の挿入は機械的な要因でないということが確認できました。

右側37ページ、こちらのスライドの一つ目の矢羽根、電氣的な要因調査として、CRDMの構成部品の点検を行った結果、部品単体では異常は認められませんでした。各構成部品を接続して電流の連続監視を行ったところ、D6制御棒のMGコイルに大幅な電流低下が確認されました。二つ目、事象発生前の1月25日から事象発生後の調査において確認された警報であったり、電流値の低下、さらにはそのときの設備状態を表として整理したものが、こちらになります。

右側38ページ、一つ目の矢羽根です。電流低下が発生している箇所を絞り込むため、格納容器貫通部の前・後に設置してされている端子台間で導体抵抗を測定した結果、D6・M10・K4の3本の制御棒のケーブルにて高い抵抗値を確認しました。二つ目の矢羽根、格納容器内の貫通部から端子台に接続しているケーブルの上にCRDM行きケーブルが覆いかぶさっているということが確認されました。三つ目、このD6・M10・K4のケーブルは、貫通部の上部にまとまって配置されているため、覆いかぶさったケーブルにより荷重を受けやすい環境であった。ちょっと二つ目の矢羽根に戻りますが、他の貫通部には、ケーブルが覆いかぶって荷重がかかっている箇所は認められないとともに、四つ目の矢羽根、D6・M10・K4の制御棒3本以外の残りの45本の制御棒では、電流値の低下は認められませんでした。

最後、39ページになります。推定原因と対策でございます。推定原因、原子炉停止に至った「PR中性子束急減トリップ」警報発信の原因は、CRDMの電氣的な故障によるものと推定しました。二つ目、シングルホールド状態にあったM10のSGラッチにおいて、コイルに電流を供給するケーブルのうち、格納容器貫通部の内部にあるケーブル接続部に引張力が作用することではんだ付け部が剥離し、導通不良に伴う電流値の低下によって、SGラッチが開放されたものと推定しました。三つ目、このことにより、M10制御棒が挿入され、2チャンネルのNISが中性子束急減トリップ設定値に至ったため、原子炉が自動停止したものと推定しました。最後、なお、コイルの電流低下は、主電源の開放操作を行っていない状態でも発生しており、原子炉自動停止時に行っていた作業との関連性はないものと推定しました。これらを踏まえた対策になります。電流低下が認められたD6、M10、K4のSG及びMGコイルのケーブルについて、下に示す、①、②で示す対策を行い、電流低下の要因を排除いたします。①上記制御棒3本のケーブルについては、他の格納容器貫通部にある予備ケーブルを使用する新たなルートに変更します。なお、予備ケーブルを使用するに当た

っては、健全性を確認した上で接続します。②原子炉格納容器貫通部出口のケーブルについては、覆いかぶさっていたケーブルの不要な余長を切断して、改めて整線するという対策を取りたいと思っております。

説明については、以上になります。

○杉本安全規制管理官 説明ありがとうございます。

それでは、規制庁のほうから質問をしたいと思いますのですが、ちょっと分量が多いので資料ページを分けてからやろうかと思えます。

まず17ページぐらいまで、17ページ、メーカーの詳細調査を行ったというところぐらいまで、そこまでの資料で何か質問等ありますでしょうか。

小林さん。

○小林主任監視指導官 原子力規制庁の小林です。

ページで言うと16ページ、点検部位ということで、⑥原子炉格納容器貫通部で外観点検を行っている。調査の段階で、この外観点検というのは、どういう視点で、結果的に、ここはケーブルがかぶさっていて、通電が悪くなったという話ですが、このときの点検での視点というのは、何か特別なものはなかったのでしょうか。

○横田運営統括長 関西電力の横田でございます。

このときも貫通部周辺のケーブルの敷設状況も含めて調査を実施していたのですが、再度の詳細調査で確認された部位、ケーブルがかぶさっているというのが確認された部位というのは、端子台の中の本当に奥まった部位に位置しておりまして、この段階での目視点検のときは、ほかのケーブルをさわりながら目視点検をするということは、健全な部位に影響を及ぼすということから、この部位については、この段階では目視点検はしてございませんでした。ただ、後々になって、この範囲に何か異常があるということが特定できましたので、より慎重に、詳細に奥のエリアまで見に行ったということが現場の調査でございます。

○小林主任監視指導官 規制庁、小林です。

そのときは見える範囲で、手でさわりに行くようなことはせずに、特に何か変なことが起きていないかなというような確認ということですか。

○横田運営統括長 関西電力、横田でございます。

そのとおりでございます。

○小林主任監視指導官 規制庁、小林です。

承知しました。

○杉本安全規制管理官 ほかにございますか。

高浜事務所の嶋崎さんから手が挙がっていますが、嶋崎さん、どうぞ。

○嶋崎統括原子力運転検査官 高浜原子力規制事務所、嶋崎です。

私のほうからは、12ページで、M10位置の制御棒が落下した想定で時刻歴解析を行ったという、この資料なんですけども、この解析の評価方法だとか、解析条件が全く書かれて

いません。それで、解析条件とか解析方法をきちんと御説明いただきたいと思います。特に、この時刻歴を見ていると、NISの出力、それぞれの、NISについて、ある程度なだらかに下がった後に、途中で変曲点があって、がくんと落ちるような形を挙動として描いているんですけども、この解析の中で、まずM10の挿入開始の時刻は書いてあるんですけど、多分、この変曲点から見ると、途中で、どこかで全制御棒が挿入されて、がくんと落ちるような解析を描いているんじゃないかと思うんですけど、全制御棒が挿入されるという時刻、その設定をどのように置いているのかというところを御説明いただければなと思いますが、いかがでしょうか。

○杉本安全規制管理官 関西電力、いかがでしょうか。今日、午前中に結構厚い資料が上がってきていますよね。こういうところを引いていただいても結構かとは思いますが、よろしくをお願いします。

○宇野課長 関西電力の宇野でございます。ただいまの質問に対しまして、お答えしたいと思います。

まず、M10位置の落下についてでございますけれども、この時刻としておりますのは、注意で書いてございますが、時刻15時21分55秒4というところでございますけれども、M10の制御棒が落下したというところは、我々、確認することはできませんし、一体どの時点から落下したかというのは分からないということでございます。ですので、まず、NISの実機データから、継続的にN44の出力が低下する前の時刻からM10が落下したと想定して解析を行ってございます。その結果、N44とN41の出力が低下していくわけですが、それが2チャンネル7%減、変化率に到達したときに、全制御棒が挿入される、すなわち原子炉トリップ遮断器が開放されるという条件で解析をした結果が、この解析結果となっております。ですので、原子炉トリップが発生した時間に、この線を合わせに行っているのではなくて、M10位置を落下させて、その結果生じたN44、41の変化の傾向、これが7%減というところに達したところで、全制御棒が挿入されるという解析結果でございます。

説明は以上です。

○杉本安全規制管理官 嶋崎さん、いかがでしょうか。

○嶋崎統括原子力運転検査官 高浜、嶋崎ですけれども、基本的に、こういう解析は、我々としても検証していかなくてはいけないと思っていて、後でちゃんと検証できるように、解析手法なり解析条件なりはきちんと書くべきかなというふうに思っておりますし、あと、今、補足的な説明で最後に、39ページのまとめの推定原因の3ポツ目の矢羽根で、2チャンネルのNISが中性子束急減トリップ設定値に至ったためというのが唐突に、これ出てきているんですけども、そういう解析でその辺りも判明しているということであるならば、ちゃんとその辺りはエビデンスとして積み上げるべきではないかなと思いますが、いかがでしょうか。

○宇野課長 関西電力、宇野でございます。

御指摘ありがとうございます。ただいまの御指摘に対しまして、先ほど御説明しました

NISの変化率、解析による変化率というのは、我々も確認してございますので、お示しできるように別途御用意したいと思っております。

以上です。

○杉本安全規制管理官 それでは、解析結果は後ほど、また追って示していただけるということで、嶋崎さん、ほかにもございますか。

○嶋崎統括原子力運転検査官 取りあえず、以上でございます。

○杉本安全規制管理官 ほかに。

それでは、菊川さん。

○菊川管理官補佐 規制庁の菊川ですけれども、今の御説明で、M10の制御棒落下がありきで解析しましたというふうに理解したんですけれども、48本制御棒があります。そのほかの制御棒が落下した場合というような形では、確認はされていますか。

○宇野課長 関西電力、宇野でございます。

ただいまの御質問ですけれども、M10位置の制御棒の落下というのは、今回の調査でも確認しておりますとおり、シングルホールド状態であった4本に対して確認をしているものでございます。それ以外の制御棒が落下するかということに対しては、自動停止が起きる前は、ダブルラッチ状態という状態でございますので、それらが落下するというのは、基本的に考えにくいというのを考えてございます。そこで、M10というところで、N44という検出器が一番早く低下してございますので、ここの反応度というところに対して一番影響を与えるM10位置が、まず挿入されたであろうというところで解析を進めてございます。

そういう観点から、M10の位置が落ちたというのを特定するのは、妥当だとは考えてございますけれども、念のため、M10周辺の、近傍の制御棒が挿入されたときの解析、挙動というのも確認はしてございます。それがM10の位置が落ちたときと異なるということは確認してございます。

説明は以上です。

○菊川管理官補佐 はい、承知しました。

○杉本安全規制管理官 今言われた違う解析が出ているというのも、エビデンス自身はあるんですか。示していただけるようなものなんでしょうか。

○宇野課長 関西電力、宇野です。

お示しすることは可能でございますので、後日、お示しするように御用意いたします。

○杉本安全規制管理官 じゃあ、いいです。ありがとうございます。

ほかに何かございますでしょうか。

小野さん。

○小野上級原子炉解析専門官 規制庁の小野です。

報告書の本文のほうですけれども、この2ページになります。今回の事象の経緯ということで、3回目の重故障が出たときに、制御棒のうち1本について電流低下が見られたと。こ

の1本の制御棒というのは、具体的に、制御棒のどの制御棒になるか、記載をお願いしたいと。恐らく今の話の流れだと、D6のことかなと思うんですけども、ちょっと具体的な制御棒の記載をお願いしたいなと思います。

○横田運営統括長 関西電力の横田でございます。

了解いたしました。

○杉本安全規制管理官 そのほか、17ページのところまでで何かございますでしょうか。よろしいですか。

そしたらちょっと、もちろん、ここまでまた立ち返っての質問はもちろんありなんですけれども、さらに28ページのところぐらいまで、その後は貫通部の荷重がかかっていたところ、29ページ以降になっているので、その前までの資料で質問があればよろしくをお願いします。

じゃあ、小林さん。

○小林主任監視指導員 規制庁の小林です。

ちょっと教えていただければ結構ですが、27ページの上から三つ目のラインで、灰色のラインというのは、どのコイルを指しているのですか。あわせて、黄色いほうも教えていただければと思います。あ、下に書いてある。

○杉本安全規制管理官 それは下に凡例がありますね。

○小林主任監視指導員 あ、はい。すみませんでした。

○杉本安全規制管理官 ほかに。

はい、村田さん。

○村田統括監視指導官 実用炉監視部門、村田です。

同じく27ページなんですけれども、ちょっと見方と解釈を教えてほしいんですけど、D6の制御棒MGコイル、青色ですけど、これはもう明らかに落ちているので、低下しているというのは分かるんですけども、M10の制御棒のSGコイルが下がって上がってという動きを示しているんですけども、これはどういう事象が起こっている、単純に揺れているだけなのか、それとも、これが低下してきているとみなすのか、何か解釈的なものはあるんでしょうか。

○横田運営統括長 関西電力の横田でございます。

このグラフの中で、例えば黄色のM10のMG、これはもう真っすぐになっていると思うんですけども、やっぱりM10の御指摘があったSGコイル、これは結構揺れている、下がったり上がったりというような現象を起こしているということで、正常ではないというふうに判断してございます。そういったこともありまして、次のページで示していますとおり、抵抗値を測りに行ったりとか、この辺はちょっとよく見ないといけないなというふうに判断をいたしました。

以上です。

○村田統括監視指導官 村田です。

それでいくと、その一つ上のグレーのK4のSGも若干下がりぎみになってるんですけども、この辺って、多少の揺れとか、揺らぎというか、そういうのはあるものだと思うんですけども、このグレーも、今のおっしゃっているM10のSGコイルのオレンジ色のよう、何かおかしいという、そういう判断になるのでしょうか。どれぐらいの許容範囲というか、揺れの範囲は認めるのかというところなんですけど。

○横田運営統括長 関西電力の横田でございます。

この揺れている幅につきましては、4本全て見ていただくと分かりますとおり、それほど差はないと思いますので、この僅かな揺れというのは、ここは異常ではないと思っております。ただ、M10のSGコイル、茶色のやつであったり、グレーのやつというのは、絶対値が、このグラフを見ていただくと、やや低いというようなことが分かると思いますので、そういったこともあって、黄色以外の3本を、次のページで示しますとおり、抵抗値を測りに行って、どういったことが起こっているのかというのを詳細に見に行くと。そういうことでございます。

以上です。

○村田統括監視指導官 規制庁、村田です。

すみません。もう1点なんですけど、この青色のD6のMGコイルですけど、これ、今、0に落ちて、ずっと立っているんですけども、この後もずっと連続監視をしているんですかね。それであればですけど、これもまた、そのうち定常の数字の0.2辺りに自然と戻っていくという、そういう挙動を示していたんでしょうか。

○日数谷作業長 関西電力、日数谷です。

D6のMGコイルの連続測定については、一旦、2月25日の早朝、10時頃に一旦測定は停止しておりまして、その後、抵抗測定を実施しております。その後、2月25日の夜間～2月26日の朝方にかけても、同様の連続監視を実施しておりまして、その際は、D6のMGコイルについては、連続監視開始から終了まで、ずっと0付近を示していた状態でございます。

以上です。

○村田統括監視指導官 ちょっと私の質問の意図が伝わっていなかったかもしれません。この後、今8、これは時間でいいんでしょうかね、8時14分42秒までしか書いていないんですけども、この先は特段データは取っていない。取っているのであれば、自然とアンペアの0が、また0.2復帰するとか、そういうことまで確認できるデータはあるんでしょうかと聞いたんですけど。

○横田運営統括長 関西電力の横田でございます。

上に書いていますとおり、25日まで継続して監視をしたんですけども、一旦落ちてから、D6のMGコイルについては、ずっと0の近くの値であったということでございます。

○村田統括監視指導官 先ほどの御説明だと、そのうち電流が上がったり下がったりみたいな話も出ていたと思うので、具体的に、そういう事象が自然とこういう観測をしている段階で出てきたのかなと思って聞いたんですけど、じゃあ、そこは分からず、ずっと0

のままが継続していたということなんですね。理解しました。ありがとうございます。

○杉本安全規制管理官 ほかにございますでしょうか。

ちょっと私、杉本から、単純な質問なんですけども、23ページ以降、三つの部分についてグラフがあるんですけど、これ、F12のグラフはないんですけども、これはやっつけて、かつ何も異常がなかったということで、載せていないということなんですか。御説明ください。

○横田運営統括長 関西電力の横田でございます。

今御指摘のとおりでございますが、F12につきましては、同様の監視・点検を行ってましたけれども、異常が認められておりません。

以上です。

○杉本安全規制管理官 はい、分かりました。

ほかに、ここまではよろしいですか。

それでは、ちょっと29ページ以降……。

○嶋崎統括原子力運転検査官 ごめんなさい。すみません。

○杉本安全規制管理官 ごめんなさい。高浜の嶋崎さん、お願いします。

○嶋崎統括原子力運転検査官 高浜、嶋崎です。すみません。ちょっと手を挙げるのが遅くなりまして、失礼しました。

ちょっと22ページのところで、単純な確認なんですけれども、パワーキャビネットからCRDMのコイルまで、この絵では、6芯のケーブルが1本でずっと走っていますみたいな形で描かれているんですが、何かところどころを見ると、全部が全部6芯で行っているわけじゃないような気がするんですけど、この図の説明をもうちょっとしていただけないかなと思うんですが、いかがですか。

○木村係長 関西電力の木村でございます。

各ケーブルの6芯といいますのは、SGコイル、MGコイルのリフトコイルのそれぞれのプラス・マイナスの線の2芯の組の3組というものが、ケーブル一つになっていくということになっていまして、基本的には、ケーブル中継箱や、その貫通部などによって分岐されていきますが、それ以外においては、この構成で通電するような仕組みになってございます。

回答としては以上です。

○嶋崎統括原子力運転検査官 すみません。ちょっと質問の意味なんですけど、ケーブルとして、何か六つの芯が束ねられて、ずっと走っているような図面の描き方にちょっと見えたんですけど、それは違って、1芯ずつ絶縁ケーブルが施されたケーブルが一本一本走っているという理解でいいんですよね。ちょっと言っている意味、分かりますかね。

○日数谷作業長 すみません。関西電力、日数谷です。

各ロッドのケーブルに関しては、一つ一つのシースを施した心線のケーブル6芯を、1本のシースでさらに束ねたものが一本物のケーブルとして、このスライド22の記載の形でケーブルを敷設しております。

以上です。

○杉本安全規制管理官 嶋崎さん、どうですか。よろしいですか。

○嶋崎統括原子力運転検査官 いや、ごめんなさいね。ちょっとすみません。端子箱の中は、例えば各芯ごとに分かれたりとかするところはあるんだけど、端子箱以外のところは、6芯が束なっているという説明なのか。だから、ごめんなさい、私が現場で見てきているのと例示がちょっと合わなかったの、その辺の理解を進めるために聞いたんですが、いかがですかね。

○横田運営統括長 関西電力の横田です。

冒頭におっしゃっていただいた御理解のとおりでして、基本的には、この6芯でケーブルが走っているんですが、端子箱の中とか、そういうところに入ったら、これが六つに分かれてというか、束ねるのを剥がした状態になって配線されていると。そういう状況でございます。

○嶋崎統括原子力運転検査官 すみません。ようやく理解できました。ありがとうございます。

○杉本安全規制管理官 それでは、29ページ以降、最後までのところ、御質問があればお願いします。

小野さん。

○小野上級原子炉解析専門官 規制庁の小野です。

一番最後の資料の39ページの対策ですけども、今回のケーブルの是正のみの対策となっていますけども、これ以外に、今回の事象を踏まえて、最初の重故障発生時の処理手順、あるいは今後、ケーブル敷設工事も、また別途行われる可能性もあるかと思うんですけども、そういう場合の調達等に関する対策、是正等についての検討はなされていない？それとも、検討した結果、反映する必要はないという結論なのか。お願いします。

○棚橋部長 すみません、関西電力の棚橋です。

これ、事業本部のほうの岡本チーフですね。よろしくをお願いします。

○岡本チーフマネジャー 関西電力の岡本でございます。

こっちを書いてある対策以外のところで幾つか御説明させていただきますけども、まずは、ケーブルが接続部のところで、ほかのケーブルの上に覆いかぶさっていたといった事象、こちらは今回の原因になっておりますので、こういったことがないように、協力会社さんに発注する調達事項に、そういったことを注意することというようなことを記載しようというふうに考えております。

また、当該の電気ペネトレーションのところにつきましては、定期的に、電気ペネトレーションの端子箱のところを点検する時期がございますので、点検する際には、そういった、ほかのケーブルが覆いかぶさっているとか、荷重がかかっていると、そういうようなことがないようにということを確認するといったことも行います。

以上でございます。

○小野上級原子炉解析専門官 規制庁、小野です。

承知いたしました。

○杉本安全規制管理官 杉本です。

今おっしゃられたようなことは、今日の午前中出てきた報告書、こちらに記載はあるのでしょうか。あるなら、ちょっと該当ページを指摘していただけないでしょうか。

○岡本チーフマネジャー 関西電力の岡本でございます。

報告書の下ページの29ページを御確認いただきたいと思いますが、28ページ、29ページで対策を書いておりますけれども、29ページのところの(2)の下に「また」と書いてございますけれども、こちらで2点、設備保全に対する対応として行うと書いておりまして、一つ目がケーブルに関する点検・保守方法を検討し「保全指針」、これは当社が保全内容を定めているルールですが、そちらに反映するといったものです。こちらは、先ほど申したケーブルが覆いかぶさっていることがないことを確認するというものを追加することでございます。その下の「心得集」というものがございまして、こちらはケーブルを敷設する際の余長ケーブルの取扱いについて、注意事項を記載しているところがございます。そこに、こういった、ほかのケーブルに悪さをするようなことがないように、覆いかぶさったり、荷重がかかったりすることがないように、追記するというのを考えてございます。

○杉本安全規制管理官 はい。ありがとうございます。

ほかに質問ございますでしょうか。

じゃあ、高浜事務所の嶋崎さん、お願いします。

○嶋崎統括原子力運転検査官 ありがとうございます。高浜事務所の嶋崎です。

まず、単純な質問なんですけれども、30ページで、抵抗値の測定結果が書かれています。それで、結局のところ、この状態で本当に、例えば30ページでいくと13番、M10の制御棒のSGコイルが、電流値が低下して開放に至るのかということなんですけれども、参考資料のところ、57ページですかね、制御棒の保持性能というのが書かれています。57ページで、多分、ちょっとこれが当てはまるのかなと思うんですけれども、SGラッチのコイルに対し片方通電時の動作電流値というのがありまして、ある電流値以下になると開放動作するという話かと思えます。確認なんですけれども、例えば13番ですけど、この抵抗値で、実際の電流値が、今言った開放に至る電流値まで下がる、そういう抵抗値の値なんですか。その辺りの確認はされているのでしょうか。

○木村係長 関西電力の木村でございます。

参考資料57ページに記載されていますSGラッチのコイルに対する片方通電時に該当する導体抵抗は、ここのスライド28、30のところと言いますと、約6.9Ω以上に増加した場合ということになりますので、この測定結果時点のものにおいては、ラッチの開放はないものと考えております。

回答としては以上です。

○嶋崎統括原子力運転検査官 高浜事務所、嶋崎です。

ありがとうございます。ただ、ちょっと実際の観測された値からは、開放動作する電流値には至らないけど、オーダー的には、それなりの値が出ていると。そういうことを基に、最後の結論に至っているというような流れになっているのでしょうか。ちょっと今の文脈を読んでいても、その展開が、やや、ちょっと説明不足かなというところがありますので、確認をしたかったまでですが、いかがでしょうか。

○木村係長 関西電力の木村でございます。

まず、嶋崎所長のおっしゃるような御認識のとおり、規模感として、そういった近傍の値になっていることを着目して、我々、まとめを上げているということと、あと、スライド30にありますように、抵抗値は測定過程の中で上下しておりまして、現在の測定値の範囲においては、先ほど申し上げたようなラッチの開放がないと。ただ、所長がおっしゃいますような、この近傍のオーダーのことを踏まえたまとめとなっているということでございます。

回答としては以上です。

○嶋崎統括原子力運転検査官 ありがとうございます。

続けて質問してもよろしいでしょうか。

○杉本安全規制管理官 はい、どうぞ。

○嶋崎統括原子力運転検査官 ありがとうございます。

それで、スライド29、31辺りの話なんですけれども、私、ずっと今説明を聞いて疑問なのは、なぜこのタイミングで複数の制御棒のケーブルにおいて導体抵抗値の増加が発生しているのかという点です。29ページの御説明では、格納容器貫通部のケーブルに、コイルに向かうケーブルが乗っかっていて荷重がかかっているという御説明なんですけれども、この過大な荷重について、これは長年荷重がかかり続けてきたことによって今回の事態が発生したのか、それとも、例えばですけれども、前回の定期検査で何か変更して、最近のある時期から荷重がかかったことによって発生したのかどうかというところが、非常に知りたいというか、確認したい点でございます。

それで、ちょっとその辺りの見解を伺うに当たって、事業者さんとしては、このケーブルが覆いかぶさっている状態というのは、いつから発生しているというふうに推定しているのでしょうかということを御説明いただきたいと思えます。

あわせて、結局のところ、それを説明するに当たって、この辺りのケーブル、あるいは格納容器貫通部、こういったところの施工時期とか、あるいは定期検査でどういう作業をしているのかと。例えば端子台なんかで、圧着端子の解・結線作業をしているのかどうかとか、そういったところをきちんと御説明いただけないかなと思うんですけれども、いかがでしょうか。

○久我マネジャー 関西電力の久我でございます。

なぜこのタイミングなのかというところの御説明として、まず32ページを御覧ください。

32ページの下側に、接触状態のイメージを描かせていただいております。はんだの部分、ここが今引張に対して一番弱く出るところだというふうに我々考えておりました、とは言いながら、このはんだが正常な状態であれば、このようにしっかりとくっついている状況ですので、いわゆる正常な状態として導通ができるということになります。一たびはんだが外れるということになりますと、こういうはんだが溶けて接着された状態から、もう既に正常じゃない状態として、いわゆる点接触というような形になってまいります。全体としては、ポッティング材で、ある程度、その場所が保持されている状況になるので、この状況の中で、抜ける方向、引き抜かれる方向に考えていくと、点の当たり具合だとか、抜けしろだとかということとの兼ね合いで、②や③や④というような状況が生まれるというふうに考えております。非常に微妙な保持状態というのか、タッチする状態というところで変化が生まれると思うのですが、②番のような状況は、はんだが外れてはいるものの一定の接触があるから、多少下がっていても導通が保持されているような状況、③のような状況になりますと、接触面が減少しているような状況になって、この場合、要は電流の通り道が減るというような形、抵抗が増加するというような形になって、導通が不良というような形になる。その状況というのは、接触の状態との兼ね合いになりますので、例えば④のような状況になりましたら、逆に導通がまた保持状態に戻ると。①から②のタイミングが、どのタイミングなのかということと、顕在化するタイミングというところは、恐らく違っていることもあっていいと思ってございまして、なぜこのタイミングなのかという御質問に対しましては、こういうような、①から②になったタイミング以降のタイミングとして、今回顕在化した、③のような状態で顕在化したと。このように考えてございます。

取替え等の件ですけれども、これまでの定期検査等で、この辺りに関しては、変更をかけたというようなことはございません。いつからかぶさっているのかというふうに申し上げますと、いわゆる施工時というところになります。40年近いんじゃないかと思います。この施工時期、いわゆる設置のタイミングの時期から、この状況としてはあるというふうに考えております。

以上です。

○杉本安全規制管理官 嶋崎さん、どうでしょうか。

○嶋崎統括原子力運転検査官 すみません、ちょっといろいろ分かりにくい。私の質問の仕方が悪かったのかもしれないけど、ちょっと整理して言うと、要は施工自体、ケーブルも含めてなんですけども、建設時から使用しているということで、まずよろしいんでしょうか。

○久我マネジャー 関西電力の久我です。

そのとおりです。

○嶋崎統括原子力運転検査官 結局のところ、定期検査などでは、この辺り、解・結線だとか、そういったところはされていないんでしょうか。

○久我マネジャー 関西電力の久我です。

しておりません。

○嶋崎統括原子力運転検査官 結局、以上のところからすると、覆いかぶさった状態は、建設施工時から生じてきていると。このタイミングでということについては、要は顕在化していなかっただけで、従来から電流低下なりなんなりは発生していたと。そういうふうにお考えになられているのでしょうか。

○久我マネジャー 関西電力の久我でございます。

このタイミングが、①から②になるタイミングは別にいたしまして、②番や③番や④番と、こういうような状況というところは、はんだが外れて以降は起り得る状態だと思います。こういう今回の顕在化したタイミングというところで、イメージで申し上げると、③番のような状態が今回起きていたというふうに考えております。

以上です。

○嶋崎統括原子力運転検査官 要は、ちょっといろいろ説明を聞いていて、理解するんですけど、32ページで言うと、段階を追って説明していくと、①から②に至った状態というのは、もっと前から起こってましたと。それは顕在化していませんでしたと。そういう点で言うと、例えば30ページで見たときに、明らかに抵抗値が上がっているものもあるし、場合によっては部分的に抵抗値が高いものも、それは若干、例えばケーブルが接触しているものについては、②に至っている可能性があるという点で見ていられるということなんでしょうか。

○久我マネジャー 関西電力の久我でございます。

おっしゃるとおりです。②という状態というところになるに当たっては、私ども31ページのほうでも示しておりますが、いわゆる過大な荷重が作用したということが、やはりメカニズムにあるとは思っております。そういった意味で、この過大な荷重がかかるタイミングが、今回の覆いかぶさっていることで、①から②になっていたというところかとは思っております。

以上です。

○嶋崎統括原子力運転検査官 ありがとうございます。

すみません。引き続きで申し訳ないんですけど、今、32ページの説明に入ったので、続けてちょっと質問をさせていただきたいと思うんですが、③、④で言う、この移行についてですが、一定の荷重がかかっている状態で、③になったり④になったりというのが、なかなか、ちょっとイメージとして、なぜそういうことが起こるのかというのが、やっぱりちょっと想像し難いんですね。32ページの図では、何か引っ張られることによって、何だか状態が変わるような形で描かれているんですが、例えば、じゃあ、この変動要因として、例えばケーブル自体が振動するとか、あと、よく電氣的に起り得るのは、例えば接触状態が悪くなると、接触部分の抵抗が上がるので、熱が生じて、はんだが溶けて、またくっついたりとか、要は何か③、④が繰り返されるメカニズムを何らかの形でもう少し説明いただけないかなと思っております。そこは事業者さんとして何かお考えはあるんですし

ようか。

○久我マネジャー 関西電力の久我でございます。

メカニズム、③番や④番というところ、本当に寸法的にも非常に小さいところでございますので、本当に微妙な位置関係のずれが生まれることで、③や④というところになるというところはあると考えております。①のような、いわゆるはんだが溶けて密着してというような状態が、剥がれてという状態になって以降は、本当に小さな相対位置の違いによって、②や③や④というところは、この状態はどこかに行くというようなことは起こり得るものだというふうに考えています。

今、御質問の中でおっしゃっていただいたような、発熱によって再度はんだが溶けてというようなことを今おっしゃったかと思うんですけど、先ほども申し上げたとおり、接続金具の部位というのは、非常に短くあります。ですので、ここの短い範囲の中で発生する発熱量というのも、ちょっと考えたんですけども、非常に小さなものでして、はんだを溶かすほどの温度上昇が手に入るということはないと。そのように考えてございます。

以上です。

あと、すみません、あとは微小な動きって、どのようなことなんだというところで申し上げますと、気温だとかというような動きというのは、当然ながら、環境温度というようなどころでの動きというのは、それは当然ありますから、そういったことも可能性の一つとして、ここの微弱な接触面の変化ということにはつながるのかなと。そのように考えております。

以上です。

○嶋崎統括原子力運転検査官 どうもすみません。長々と私ばかり質問して申し訳ございませんでした。

結局のところ、そういった、今補足説明をいただいたところは、何らかの形でやっぱり明示していただく必要があるかなと思いますので、先ほどからの繰り返しになりますけれども、その辺り、またコメントをいただければと思いますので、よろしく願います。

私からの質問は、ちょっと以上にしたいと思います。どうも失礼しました。

○杉本安全規制管理官 はい、ありがとうございます。

今やり取りがあったようなことは、この詳細な報告書のところに何か書いてあったりしますか。あるいは、特にそこまで書いていないということなんでしょうか。これを見たら分かるかということがありますか。

○久我マネジャー 関西電力の久我でございます。

26ページのところに……。

○杉本安全規制管理官 25ページ。

○久我マネジャー 26ページ。

○杉本安全規制管理官 26ページ。はい。

○久我マネジャー 26ページのところに、ケーブル導体抵抗値増加のメカニズムとして何

行か書かせていただいておりますが、今御質問いただいたようなところまで、必ずしもたくさん書いているかというところはあるかと思えます。記載を補足できるような資料等は、お出しすることができますので、また努めたいと思えます。

以上です。

○杉本安全規制管理官 ありがとうございます。補足的に出せるものがあるということなので、御検討をお願いしたいと思います。

ちょっと私から、つまらないことで、つまらないというか、29ページの話題があったので、ここで、三つ目の矢羽根で、M10、K4とかの電流変動を確認したという、これ、動かしたら、ケーブルを持ち上げたら変動したと。それは何かグラフとか、そのときの変動したエビデンスというのはあるんでしょうか。

○横田運営統括長 関西電力の横田でございます。

結論から申しますと、そのときは記録を取っておりませんで、目視で確認をしたというだけでございます。

○杉本安全規制管理官 じゃあ、そういう兆候が……。

○横田運営統括長 すみません。目視というのは、電流値のデータを、目視で変動したということを確認したということです。

すみません。補足です。

○杉本安全規制管理官 分かりました。それを確認したから、23ページ、24ページ、25ページのようなことをやったという、そういうことなりましたっけ。

○横田運営統括長 関西電力の横田でございます。

そのとおりでございます。このとき電流値の変動があったので、次のページに行って、抵抗を測りながら、ちょっと触手をしてみて、動くかどうかを再度見てみたりとか、そのときは、きちっとこの数値を記録してやったと。そういう手順でございます。

○杉本安全規制管理官 ありがとうございます。そのときの例示のグラフ。具体的にもう一度、ちょっと御説明していただけますか。

○横田運営統括長 関西電力の横田でございます。

30ページに表があると思えますけれども、1番、7番、13番、これは抵抗値の値をバントで書いていると思えます。これは実際チャートとかではなくて、抵抗値が値で出てきますので、それをさわったときのミニマムとマックスをここで記載していると。そういうものでございます。

○杉本安全規制管理官 分かりました。じゃあ、チャートのようなグラフがあるというものではなく、数字を確認して列記したということですね。分かりました。

ほかに質問ございますでしょうか。

林さん。

○林原子力規制専門員 原子力規制庁の林です。

制御棒の部分挿入事象について御質問させていただけたらと思うんですけど、35ページ

のところで、推定メカニズムのほう、記載いただいていますけども、このメカニズムによると、MGの電源を投入したり、その後、SGの電源を投入したりということで、そしたら、MGC、SGCのコイル、停止バンクが落下するというようなことが、何か必ず起きてしまうような記載ぶりに見えるんですけど、これまでは同じような作業というのはやられていなかったという御認識でしょうか。

○横田運営統括長 関西電力の横田でございます。

これまで、こういった操作は一度もやったことがございません。今回、調査の過程の中で、こういう操作を行ったところ、この事象が発生したというものでございます。

○林原子力規制専門員 承知しました。そうしますと、この推定メカニズムによると、停止バンク、4本あると思うんですけども、4本とも落ちてもおかしくないような事象な気がするんですけども、2本しか落ちなかったことについては、何か関西電力さんで考えていることというのはありますでしょうか。

○横田運営統括長 関西電力の横田でございます。

先ほど申し上げましたとおり、4.4Aで再度つかみに行くには不十分でしたということはあるんですけども、もちろん、それはばらつきもあったりとか、あと、ここのラッチ機構のばらつきであったとか、そういうものもあって、残り2本は、幸いにもというか、落下しなかったというふうに考えております。

○林原子力規制専門員 そうしますと、電流値のばらつきによって、落下しなかった2本は4.4A以上の電流が流れて、MGのほうはラッチ、つかみに行ったというような感じによるのでしょうか。

○横田運営統括長 はい、結構でございます。

○林原子力規制専門員 承知しました。ありがとうございます。

○杉本安全規制管理官 すみません、杉本ですが、今に関連して、35ページのところで、関連性はないという結論は、今、お考えは分かったんですが、これが初めての操作であったということですが、この事象について、問題あり・なし、あるいは、この事象自身の再発も防止する必要があるのかなのか、その辺の関西電力のお考えをちょっと説明していただけますでしょうか。

○横田運営統括長 関西電力の横田でございます。

先ほど御説明したとおり、これまでもやったことのない操作であり、かつ、これからもなかなか想定しにくいというか、やることがあるとは今の時点では思っていないのですが、おっしゃるとおり、こういったことが分かったということは事実でございます。例えば、これ、SGコイルの電源を操作する前に、MGコイル側をもう一回強制ホールドというふうな手順を一つ入れていけば、こういった事象は起こらなかったということが、今になって思えば分かったことなんですけれども、そういう知見を踏まえて、これから、こういう操作をするときに、今回得られた知見を反映していくというふうに考えております。

○杉本安全規制管理官 ありがとうございます。

今おっしゃったようなことは、午前中に提出のあった報告書に何か記載はあるんですか。

○横田運営統括長 関西電力の横田でございます。

途中で強制ホールドにしていればとか、そういうことでございますかね。

○杉本安全規制管理官 そういうことです。はい。

○横田運営統括長 少々お待ちください。

関西電力の横田でございます。

現状のここの報告書の中には、記載はしてございません。

○杉本安全規制管理官 分かりました。こういう、ちょっと一見、異常な事象というふう
に捉えてしまうんですけども、それについても、今回、この事象の原子炉トリップに関し
ては関連性はないというお考えというのは書いてありますけれども、この事象自身をどう
考えるかということについて、今、概略、口頭でお話はありましたけれども、お考えは報
告書なりにも記載していただければとは思っております。

ほかに何か質問ありますでしょうか。

じゃあ、小林さん。

○小林主任監視指導員 規制庁の小林です。

先ほど再発防止対策をちょっと資料の関係で見ている、29ページの一番最後、報告書の
ほうの29ページの一番最後で、注意事項が、これ、高浜に限定されていて、美浜、大飯は
何もしないということを書かれているのか、高浜の報告書だから、高浜のことだけ書いて
いるのか、ちょっとその辺、教えていただければと思います。

○岡本チーフマネジャー すみません。原子力事業本部側から、関西電力の岡本でござい
ます。

御質問のとおりでして、この報告書は、高浜発電所の心得集というのを書いております
けども、私、原子力事業本部の人間でして、3サイトのですね、三つの発電所に対する、
適用する請負工事の一般仕様書に関する要綱指針という、マニュアルというよりも、むしろ
QMSに基づく文書のところにも記載いたしますし、また、3サイトを対象とした心得集と
いうのは原子力事業本部側でも持っております、そちらにも記載する予定をしております。
そういった改訂を行ったら、当然、各3サイトには周知いたしますけども、各3サイト
において、各協力会社さんに対して、そういった改正内容を御説明する機会を毎回取っ
ておりますので、今回も改正すると速やかに各3発電所において、各協力会社さんに御説明
するというのを考えてございます。

○小林主任監視指導員 分かりました。

○杉本安全規制管理官 ほか。

はい、小野さん。

○小野上級原子炉解析専門官 規制庁、小野です。

先ほどの嶋崎の質問のときに、ちょっと席を外していたものですから、質問が重複する
かもしれませんが、そこはちょっと御容赦ください。

対策のところですけども、3本だけ予備のペネのほうに移設すると。ほかの制御棒は、多分、このペネの中には12本分ぐらいですかね、入っているかと思うんですけど、そのうち3本のみを予備ペネのほうに移すという理解でよろしいですか。

○横田運営統括長 関西電力の横田でございます。

御指摘のとおりで、この3本の制御棒で、ケーブルの本数としては、一つの制御棒当たり6本ございますので、18本のケーブルをほかの別の貫通部の予備のラインにつなぎ替えると、振り替えるというものでございます。

○小野上級原子炉解析専門官 規制庁、小野です。

その移す先のペネは完全な予備なのか、ペネ自体が完全に予備なのか、空いた導線があるのか、どちらでしょうか。

○横田運営統括長 完全な予備ではございませんで、ほかのケーブルがささっているところに予備が幾つかあるので、そこを活用するというものでございます。

○小野上級原子炉解析専門官 あと、取りあえず予備の導線についても、通常では定期的に絶縁抵抗の測定は実施しているという理解でよろしいですか。

○横田運営統括長 今回の調査の中でも、使用を予定している予備のラインの健全性は確認してございますし、つなぎ替えた後も確認はしたいと思います。

○小野上級原子炉解析専門官 規制庁の小野です。

ありがとうございます。

○杉本安全規制管理官 ほかに。

はい、菊川さん。

○菊川管理官補佐 規制庁の菊川です。

ちょっと根本的なところからなんですけど、30ページ、資料1の30ページですかね、抵抗値が書いてありますけど、これ、赤字で書いてある異常だろうと判断された抵抗値に対して、大体、通常はどれぐらいの範囲内に収まっていれば正常だというふうに判断していますか。

○横田運営統括長 関西電力の横田でございます。

一つ目の目安としては、 $0.5\Omega \pm 0.3$ になっています。ただ、これは定期検査のときに長いシステム全体として抵抗値を測るときに、その目安値を持って判断してございます。ただ、今回の場合は、非常に端子箱から端子箱の間の狭いエリアですので、あくまでもそれを一つの参考値として考えたということでございます。

○菊川管理官補佐 承知しました。

では続けて、ちょっと31ページになります。接続金具部が蝋付けとはんだ付けとなっているんですけども、根本的なところで、今回の原因が、いわゆるはんだ付けと設計が悪かったのか、それともケーブルを上に乗った施工が悪かったのか、それはどちらと判断しますか。

○久我マネジャー 関西電力の久我でございます。

このはんだの部分は、記録があるわけではないんですけれども、いわゆる引張というようなことに対して配慮するというようなことは、設計上、していない部分です。いわゆるはんだ、電気伝導性の機能を持たせるために、ここは、はんだを採用しているのみでございます。通常の場合であれば、先ほど申し上げたポッティング材等もありますので、ある程度の保持というのはできるだろうと。それは考えられるわけですが、やはり外部ケーブルが乗っているという、その状況がよくなかったというところで、いわゆる施工上の配慮ができていなかったなど。そういうふうなところが考えられるんじゃないかと思っております。

以上です。

○菊川管理官補佐 承知しました。施工上のミスということで……。

そういう意味では、高浜4号に関しても、電気ペネというか、貫通部がたくさんあるわけですが、そのような、同様の施工をしているものがないかという確認はされたんでしょうか。他の美浜とか大飯もございますけども。

○横田運営統括長 関西電力の横田でございます。

ほかの貫通部については、全て確認をして、今回のようなケーブルが乗って荷重がかかっているという箇所がないことを確認済みでございます。

以上です。

○杉本安全規制管理官 事業本部のほうから何かありますか。

○岡本チーフマネジャー よろしいですか。原子力事業本部の岡本でございます。少し補足させていただきます。

今、菊川さんのほうから、美浜、大飯という話もございました。美浜、大飯につきましては、今、運転中のプラントにつきましては、そういったところの立ち寄りですとか、端子箱の蓋を開けること自体が危険な可能性もありますので、ちょっと今のところは点検できておりませんが、次回の定検のときに確認をして、そういった貫通部のところのケーブルにほかのケーブルが覆いかぶさっているような状況がないかということは確認したいと思っております。その結果に応じて、点検を行うなり、ケーブルを整線するなり等の対応をさせていただきたいというふうに考えております。

先ほど施工上の配慮が不足していたということではあると我々は考えていますけど、施工のミスだったと言い切るかという、少しそこは難しいかなと思っております。当時、そういったケーブルが上に乗るようなことをしないようにすることというようなことも、我々は考えていなかったというところもございます。余長ケーブルが全くなくて、ケーブルがびんと張られたような状態であれば、明らかに施工不良であったりとか、余長ケーブルがほかの機器に当たっていたとか、高温部に当たっていたとか、そういったところであれば、施工不良に当たるというふうに考えていますけども、今回はちょっと、施工のミスとか、施工不良というには少し、ちょっと言い難いぐらいかなというふうに考えております。ただ、今回明らかに、それによって不具合があったということが判明しましたので、

こういったことがないように、先ほども申した所則類、マニュアル類を改訂して、きちんと、こういうことがないように改善をしていきたいというふうに考えてございます。

以上です。

○菊川管理官補佐 規制庁の菊川です。

分かりました。施工上の配慮が不足していたというふうに訂正させていただきます。

そういう意味では、今運転中の美浜や大飯なんですけれども、今回、高浜4号のような重故障が起こった場合の対応は、どうなされるおつもりですか。

○岡本チーフマネジャー すみません、関西電力、岡本ですけど、よろしいでしょうか。こちらからで。

○杉本安全規制管理官 岡本さん、お願いします。

○岡本チーフマネジャー すみません。美浜、大飯の動いている発電所につきまして、重故障警報が出ていないことの確認はしていくということが、最も重要だというふうに考えてございますけども、仮に起きた場合に、重故障警報の中央制御室の警報についても、それぞれ警報要因がたくさんありますので、そういったところを丁寧に確認をして、慎重な対応をしていくということになると思っております。

今回はシングルラッチの形で、点検している最中に、残りのラッチのほうの電流が低下することによって制御棒が落下したというふうに考えておりますけども、そういったところ、そういった操作がないように、もっと慎重に対応するというふうに考えておりますけども、警報の要因が多くございますので、それぞれ、ちょっと状況によるというふうに考えておりますけども、今回よりは、より丁寧な、慎重な対応をするというふうに考えてございます。

○菊川管理官補佐 承知しました。よろしく申し上げます。

ちょっと質問は変わりますが、35ページです。単純な質問ですけど、この操作、部分挿入事象に関する操作に関しては、今回の原因調査時のみの特殊な操作というか、作業で起こったことなのか、それとも、いわゆる運転中の故障のモードによっては、いわゆる発生し得る作業なんですか。どちらでしょう。

○横田運営統括長 関西電力の横田でございます。

今回の調査において、行った特殊なというか、普段やらないような操作でございます。

○菊川管理官補佐 承知しました。

以上です。

○杉本安全規制管理官 じゃあ、村田さん。

○村田統括監視指導官 規制庁、村田です。

31ページに、ちょっと確認だけなんですけれども、ケーブルに過大な荷重がかかってというところで、自重で100N、それから外部ケーブルで900Nとございますけれども、外部ケーブルの90kgですかね、これは具体的な絵が後ろのほうに出ていると思うんですけれども、51ページですかね、端子箱の絵があると思うんですけど、これで言うと、どこまでの範囲

を自重で考えておられるのかなと、ちょっと確認だけだと思ったんですけども、90kgって結構重さがあるなと思っていてんですけども、どういった範囲を、この荷重にかかっているという範囲として考えられたのかなと思ったので、その確認だけと思ったんですけど。例えばこの絵で言うと、どのぐらいの範囲のところを、90kgがケーブルにかかっているという範囲として考えられるのかなと思ったんですけど。

○久我マネジャー 関西電力の久我でございます。

51ページ、ちょっと御覧いただきながら御説明させていただきます。赤色のほうが、いわゆる今、当該引き抜ける側のペネから出てきていたところのケーブル、上に乗るのが青色のケーブルでございます。今、ここの中に40本、8本、24本というふうに書かせていただいておりますが、それぞれの端子台のところに対して、40本分、8本分、24本分という形で、分かれて端子台のところについておまして、この後に、ケーブルトレイというふうに書かせていただいている縦のケーブルトレイの中に、これら全てが入っていく、72本入っていくというような形です。実際のところ、これ、中を見て確認をしたんですけども、72本分が、ちょうどこの絵で申し上げると、ペネの方向に向いて右側のところで一度全体が合流するような形になって、ケーブルトレイの上に上がっていくというようなラインになっております。そういうような状況でしたので、赤色のケーブルに対して、72本分の重量が乗るというようなことを考えてございます。具体的に、じゃあ、重量はどこを模擬したのかと、計算したのかというと、この赤色のところの接したところまでのところ、ケーブルトレイが上数mあるんですけども、そこまでの重量を全て72本分入れているという形で、計算をさせていただいております。

以上です。

○村田統括監視指導官 分かりました。そうすると、数十m分の重量が全て、その1点にかかっているということで換算して、マックスというか、最大かかっても、これぐらいという、そういう意味と理解しておけばいいですか。

○久我マネジャー 関西電力の久我でございます。

おっしゃるとおりです。ただ、接したところから、この絵のとおり、左側に端子台、青色のケーブルが左側に行って、端子台とくっつくまでのところであったりだとか、こういったところは計算には入れておりませんが、やはりこういったところも、重量としてはさらに足せるということもあるかなとは思っております。今は接するまでのところのラインだけで計算をしております。

以上です。

○村田統括監視指導官 分かりました。ちょっと過大な評価をし過ぎたなという感じも若干するんですけど、どういう評価をしたのかは分かりました。

それで、ちょっと最初の嶋崎のお話にもありましたけど、ケーブルが、荷重がかかっているというところですけども、31ページの絵を見ると、オレンジ色の、左の部分で言うと接続部が真ん中であって、薄い黄色ですかね、オレンジ色の部分でエポキシがあって、

シリコンが充填されていて、FRPの押え板があるという状況で、そもそも、ここの接続部に、過大なというか、荷重があまりかからないような配慮をしつつ設計されているんじゃないかと思っているんですけども、例えば押え板とか、そういうところである程度かかっている荷重も、軽減といいますか、かからない、いわゆる接続部に集中しないような形になっているのではないかと思うんですけど、そういったところは全く考慮せず、この1,000Nが接続部にかかっていると、そういう仮定を置いたということなんですか。

○久我マネジャー 関西電力の久我でございます。

設計的なお話で、今おっしゃっていただいたエポキシの部分、31ページの右下のところに、もう少しケーブル接続部の拡大として書かせていただいております。このcという部分、左の図で言うところの橙色というんでしょうか、こういったところがありますけど、このエポキシ樹脂自体は、たくさんのペネをですね、距離をしっかりと保つというのか、位置を固定するというのが目的にやられているものでございます。ただ、おっしゃるとおり、エポキシと、いわゆるケーブルのシースというんでしょうか、このところが接着という形は当然ありますので、そういったところで、引張に対しての、ある程度の力を持っているというところはあるかとは思いますが、ただ、これは設計としてという観点ではないというところがございます。

あと、申し上げますと、エポキシの樹脂とケーブルのシースとの部分なんですけれども、こういったところもちょっと確認をしたんですけども、それほどたくさんの耐力がある状況じゃなくて、やはり心線のはんだ付け、こここのところの弱部での、取れるというようなことにつながっているというふうに考えております。

以上です。

○村田統括監視指導官 分かりました。ちょっと55ページを見ると、確かにおっしゃった入っている写真とかは結構見えるとは思っているんですけど、ちなみに確認ですけど、55ページのところで図示されている中に、痕跡あり、影響を受けていた可能性と書いてあるんですけど、これは何を表しているのか、ちょっと御説明いただいてもいいですか。

○横田運営統括長 関西電力の横田でございます。

まず、ここの①、⑦、⑬、これは電流値の変動があったものと。その横の②番、③番、これは写真を見てくださいと分かるとおり、①と同様に、少しほこりがないエリアがあるかと思えます。黒くなっているエリアがあると思えます。これは、この上に乗っていたケーブルを少しずらした後の写真になるのですけれども、これは②と③にも、こういうケーブルが、荷重が①ほどではないとは思いますが、乗っていた痕跡があるという意味の痕跡ありというものでございます。

影響を受けていた可能性というものは、この図で見ていただきますと、⑮番も電流値の低下が確認されているということから、①、⑦、⑬と⑮に囲まれた⑧番と⑭番にも、同様の荷重がかかって、影響を受けていた可能性があるという趣旨で、ここにはこのように記載させていただいております。

以上です。

○村田統括監視指導官 規制庁、村田です。

ありがとうございます。ごめんなさい、ちょっと確認。今の写真で言うと、もともと、もっとケーブルの上にカラフルなケーブルがもっと乗っかっていたという、当初の状況であったということですか。これはちょっと、先ほどずらした状態の写真だとおっしゃったので。

○横田運営統括長 関西電力の横田でございます。

もう少し、下に見えているカラフルなケーブルは、上にあったというイメージです。上部のほうに。

○村田統括監視指導官 分かりました。そういう意味で、痕跡ありというところまで含めて乗っかっているというのが、実際の状況であったという理解をいたしました。ありがとうございます。

○杉本安全規制管理官 ほかにありますでしょうか。

ちょっと杉本から、すみません。35ページの例の2本部分挿入した事象に関連というのか、そちらに戻ってしまうんですけども、39ページの推定原因のまとめのところ、一つ目の矢羽根の四つ目のチェックのところ、なお、原子炉自動停止時に行っていた作業との関連性はないということですけども、実際に、そのときに電源を入・切したというところの関連というのもないという趣旨で書かれているのか、どういう意味で書かれているのか、いま一度、御説明していただければと思うんですけども。

○横田運営統括長 関西電力の横田でございます。

御説明したとおり、原子炉自動停止する前には、電源の切作業というのをしたんですけども、主電源を切にした後、約3分後ぐらいに原子炉の自動停止に至っているということから、その切の操作が原子炉の自動停止に関連したというものではないというふうな趣旨で、ここは記載させていただいております。

○杉本安全規制管理官 分かりました。そしたら、たまたま3分前に、この作業を行っていたから、何かいかにも関連ありそうには思ったけれども、分析の結果、関西電力の見解としては、そこはたまたま3分前にやったものでも関係ないということだということですね。

○横田運営統括長 関西電力の横田でございます。

そのように考えております。

○杉本安全規制管理官 ほか、ありますでしょうか。

はい、小野さん。

○小野上級原子炉解析専門官 規制庁、小野です。

対策として、ケーブルの敷設状況を確認するのは、同様のピッグテール型の貫通部だけですかね。構造とか、ちょっとほかのやつとかは分からないので、あれなんですけど。同軸のやつは、こういう構造になっていないということですか。

○小森マネジャー 関西電力、小森でございます。

同軸のものも、基本、ケーブル線種が違うだけで、構造的には同じだと考えています。それ以外のペネとしては、ブッシング型ですとか、あとキャニスター型以外のペネについては、構造が異なるというふうに考えてございます。

以上です。

○小野上級原子炉解析専門官 結論は、ピッグテール型のみということでもいいですかね。

○小森マネジャー 関西電力、小森でございます。

はい。ピッグテール型の今回と同種のケーブル、もしくは三重同軸のピッグテール型かと考えてございます。

以上です。

○小野上級原子炉解析専門官 承知しました。大体30~40か所ぐらいですか。

○小森マネジャー 関西電力、小森でございます。

箇所数としては、1ユニット30~40か所オーダーだというふうに考えてございます。

○小野上級原子炉解析専門官 承知しました。ありがとうございます。

○杉本安全規制管理官 嶋崎さん、どうぞ。

○嶋崎統括原子力運転検査官 度々すみません。高浜事務所の嶋崎です。

ちょっと現場を預かる検査官として、今、いろいろ対策について御説明をいただいたんですけど、これから対策を実施するに当たって、工程的なところについて、事業者さんとしてはどういう工程を今想定されているのか、御説明いただけないでしょうか。

○横田運営統括長 関西電力の横田でございます。

現在は、詳細な作業の手順とか、そういうものを検討しているので、現時点で工程について申し上げるのは、なかなか難しいんですけども、我々としては、安全最優先で作業をやっていきたいと思いますし、あと、工程感について目途が立った時点で、またコミュニケーションのほうをさせていただければと思っております。

以上です。

○嶋崎統括原子力運転検査官 高浜事務所の嶋崎です。

ありがとうございます。現地の検査官としても、対策が確実にされているかどうかをしっかりと確認していきたいと思いますので、工程が明らかになった段階では、情報共有をよろしく願いいたします。

以上です。ありがとうございました。

○杉本安全規制管理官 杉本ですけども、32ページ、いま一度ちょっと。はんだの接触不良だとかというのが生じてきたということですけども、これはいわゆる40年間、施工時からこの状態だったということで、ある意味、高経年化した部位の一つというか、経年劣化なのか、高経年化というのか、そういったものであるというような御認識があるのかなという、お考えを説明いただければと思います。

これは事業本部の岡本さん、お願いします。

○岡本チーフマネジャー 関西電力の岡本でございます。

資料の58ページに少し記載しておりますので、58ページを御確認いただきたいと思うんですけども、最終ページでございます。この58ページの三つ目の矢羽根のところ、今回の不具合事象の取扱いというところに記載しておりますけども、我々、一般に高経年化ですとか、経年劣化というのは、設計どおりの施工を前提として、時間経過とともに、環境条件ですとか使用条件に応じて、機能、性能に影響を及ぼす事象であるというふうに考えてございます。今回の事象は、施工時に他の余長ケーブルが覆いかぶさった状態が継続して、接合部に設計上想定していないような引張力が作用し続けた結果として発生したものでございまして、先ほど施工ミスではないと言いましたけど、施工の内容に起因したものであるということについては、間違いないものというふうに考えてございます。施工時に、適切に設置しておれば、こういった事象は発生しないという事象でございまして、経年劣化事象には該当しないというふうに考えております。三つ目の矢羽根、これはなお書きのような話ですけども、当該のケーブル等は、絶縁抵抗測定をしておりますので、当該部に想定される経年劣化事象としましては、絶縁低下がございまして、絶縁低下については、そういったところは発生していないということは考えてございまして、総じて言いますと、今回の事象は経年劣化事象によるものではないというふうに考えてございます。

以上でございます。

○杉本安全規制管理官 関西電力の説明は、そういうことだったということですね。了解しました。

ほかに質問ありますでしょうか。

はい、村田さん。

○村田統括監視指導官 すみません、規制庁、村田です。

さっきの毎定検ごとに調べているというお話もありましたけども、今回のように、抵抗というか、電流が落ちているというような事象、ずっと落ちているわけではなくて、たまに落ちますか、落ちるときもあれば、そうじゃないときもあるという、こういった状況が続いているものというのを定期検査で見抜くことというのはできるんですか。

○吉沢マネジャー 関西電力、吉沢でございます。

ケーブルの点検につきましては、絶縁抵抗測定、あるいは導通の抵抗測定、こういったもので確認するんですけども、その測定のとときに、実際に接触抵抗が上がっているとか、そういった状況になっていないと、点検で見つけるのは非常に難しいと考えています。ですので、こういったケーブルが乗っかっているとか、そういった、今回のような事象については、目視点検、外観点検の観点の一つとして考慮しながら、点検の中身を充実ということが必要なというふうに思っております。

○村田統括監視指導官 規制庁、村田です。

おっしゃることは分かっている、今回みたいに、今となってみれば、そういう乗っかっていた事象が悪さをして、こういう事象が発生するんだというのが分かっているならば、当然

ながら、それを見に行くということは、当然手当てをされるんだとは思っているんですけども。今回も、結果として調べてみればそうでしたということが分かっただけで、何がどう悪さするかというのを全て想定できているわけでは当然ないとは思いますが、そういった状況で、こういうことが、似たような事象が起こっていたら、やはり定期検査で見抜き切れないというのが正直な、今のお話でもそうなのかもしれないので、さっきの説明で、毎回定検しているのですから大丈夫ですとおっしゃっておられるんですけども、本当かというのが、若干疑問符がつくかなというところは少しあるかなというのは、すみません、これは感想のところになりますけれども、思ったところです。

以上です。

○棚橋部長 すみません、関西電力の棚橋でございます。

今の点につきましては、重故障警報というのは、ちょっと値としては大きい値なんですけども、常にこれは監視している、そういった警報でございまして、こういうものが出たときに、じゃあ、どう対応するかというのは、今回、ちょっと我々、反省して学ぶところがあつたと思っておりますので、慎重に、そういうのが出た場合にどう対処していくかというのは、検討していきたいと思っております。

○村田統括監視指導官 ありがとうございます。そういう意味で、今のお話のあつたところと言うと、今、対策のところでは、その辺の重故障警報が出た際の対応……という、今回の事象が起こった後、自動停止したことに関してのところについては、当然対策は取られますと書かれているんですけども、事前にやられていた点検の部分、もしくは重故障警報が出た際の対応についてという部分については、何ら触れられていない部分があるのかなと思っているんですけど、その点について、やはり今回、一連の事象の中で見ていくとすると、その点も、少し気をつけるがあるのであれば、そこについての対応策も書いておくべきではないかと思うんですけども。例えば今回の件も、シングルラッチになっていましたという最初の状態があつた上に、今回の電流が下がるという事象が重畳したがゆえに起こってしまったという、二つが重ならないと起こらなかった事象というところがあるので、そうすると、後段の部分は今対策をしますというお話が出ていますけど、前段の部分を、シングルにするのが悪いと言うつもりはないんですけども、そのところでもう少しできることがあるのであれば、それについての言及を何かされてもいいのかなと思つたんですけど、いかがでしょうか。

○棚橋部長 すみません、関西電力の棚橋です。

これ、岡本さん、何か補足できますでしょうかね。

○岡本チーフマネジャー 関西電力の岡本でございます。

そういった対策、社内的には、そういう、今回、もっと適切に対応すべきではなかつたのかという反省はございまして、対策をしようということは考えておりましたので、この報告書の中に記載することは可能だというふうに考えておりますので、ちょっと記載する方向で考えさせていただきたいというふうに思います。

○村田統括監視指導官 規制庁、村田です。

了解しました。ありがとうございます。

○杉本安全規制管理官 ほかに質問ありますでしょうか。特によろしいですか。

時間もちょっと、予定の時刻を過ぎたところがありますが、今日、この分厚いほうの資料、こちらは今日の午前中に頂いたので、今からちょっとこちらで読み込む必要があります。

今の公開会合を通じて、幾つかエビデンスの関係、嶋崎のほうからの39ページのところに関連したエビデンスの関係とか、あと、菊川のほうから質問があったところのM10の位置の周辺のところの解析の関係だとか、何かそういうエビデンス等々。この公開会合でお示しいただけるようなものは、またお示しいただく、あるいは報告書に追記されるとか、あるいは先ほどの2本の部分挿入事象の再発防止の関係の考え方、最後に、今、岡本さんのからありました追記の関係。そういった補正、この報告の補正も並行して作成されるかと思しますので、そういうものがされたら、また御連絡いただければと思っております。

以上のことなどについて、こちらは今から読込みしないといけないので、今日コメントがあったものをいただける場というのを、また面談でやるか、あるいは公開会合を開いてやるか、それは読込みの度合いにもよるので、また検討させていただければと思っております。

以上ですが、何か関西電力のほうから質問等あれば、よろしくお願ひします。

○鶴発電部長 関西電力の鶴でございます。

本日はありがとうございました。

今、杉本さんからおっしゃっていただいたとおりに、幾つか宿題を頂きました。NISの挙動の解析条件であるとか、あるいは今おっしゃっていただいたとおりに、M10近傍の解析結果の御提示、あと、この分厚いほうの報告書の充実、あるいは補足説明、この辺り、速やかに対応させていただきたいと思っております。

それから、本日御説明させていただきました対策、予備のケーブルへの振替えについてですけれども、先ほど嶋崎所長からも御指摘がございましたけれども、嶋崎さんとコミュニケーションしながら、現場のほうで準備が整い次第、着手させていただきたいというふうに考えてございます。

関西電力からは以上でございます。

○杉本安全規制管理官 最後に、規制庁からまだ言っておくべきことはありますか。特によろしいですか。

それでは、ちょっと時間を過ぎましたけれども、以上をもちまして、第19回原子力施設等における事故トラブル事象への対応に関する公開会合を終了したいと思います。

どうもありがとうございました。